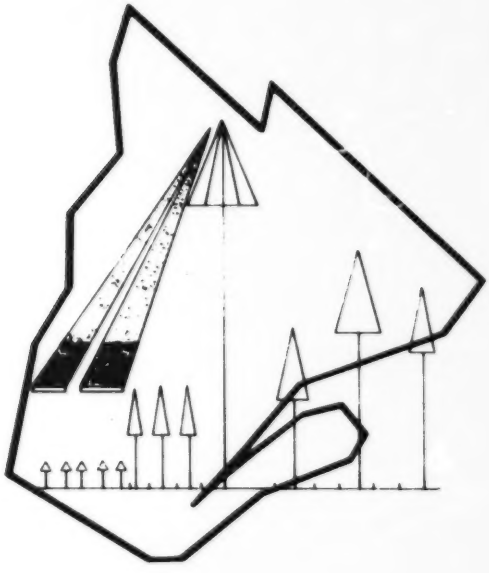
Persistance dans le sol de concentrations résiduelles de 2,4-D et de 2,4-DP après pulvérisations aériennes en milieu forestier (1981)

P. LÉVEILLÉ et L. LABERGE



Québec

85-2801/

PERSISTANCE DANS LE SOL DE CONCENTRATIONS RÉSIDUELLES DE 2,4-D ET DE 2,4-DP APRÈS PULVÉRISATIONS AÉRIENNES EN MILIEU FORESTIER (1981)

Par: Pierre Léveillé, biologiste
Luc Laberge, biologiste

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES
SERVICE PÉPINIÈRES ET REBOISEMENT

Québec, mai 1984

AVANT-PROPOS

Les auteurs tiennent à remercier les personnes suivantes pour leur participation indispensable à la réalisation de ce travail:

Monsieur Guy Mamarbachi:	chimiste, Laboratoire de Québec, ministère de l'Environnement du Québec.
Madame Gisèle Couture:	technicienne en aménagement de la faune, ministère de l'Energie et des Ressources.
Monsieur Yves Laporte:	technicien en aménagement de la faune, ministère de l'Energie et des Ressources.
Madame Céline Boilard:	technicienne en aménagement de la faune, ministère de l'Energie et des Ressources.
Madame Linda Laflamme:	dactylographe, ministère de l'Energie et des Ressources.
Monsieur Richard Trudel:	étudiant.
Monsieur Pierre Mignault:	étudiant.
Madame Chantal Duval:	étudiante.

RÉSUMÉ

Afin d'évaluer la persistance du 2,4-D (acide 2,4-dichlorophénoxyacétique) et du 2,4-DP (acide 2,4-dichlorophénoxypropionique) dans le sol forestier, deux stations d'échantillonnage ont été établies sur deux projets de pulvérisations aériennes. Dix échantillons de sol furent récoltés sur une période de douze semaines pour chacun des projets. Les concentrations maximums, quelques jours après traitement, furent de 1,62 et 1,96 mg/kg pour le 2,4-D et le 2,4-DP respectivement. Ces produits furent appliqués au taux de 3,00 kg i.a./ha dans un projet et de 4,07 kg i.a./ha dans le deuxième projet.

Après un mois, 50% de ces résidus sont éliminés et plus de 90% après douze semaines. La persistance du 2,4-D serait d'un peu plus de douze semaines et celle du 2,4-DP légèrement supérieure si la tendance observée s'est poursuivie après la période d'échantillonnage. Cette persistance est équivalente à ce que l'on retrouve dans la littérature pour une pulvérisation en milieu forestier.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
AVANT-PROPOS	iii
RÉSUMÉ	v
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	viii
1. INTRODUCTION	1
2. CARACTÉRISTIQUES DES PROJETS	2
2.1 Superficies traitées	2
2.2 Produits utilisés	2
2.3 Périodes de traitement	2
2.4 Appareils utilisés	3
3. MÉTHODE EXPÉRIMENTALE	5
3.1 Description de l'échantillonnage	5
3.2 Matériel et technique de prélèvement	5
3.3 Méthode analytique	6
3.4 Localisation et description des stations	7
3.4.1 Description du sol	7
3.4.2 Description de la station Ashburton	8
3.4.3 Description de la station Bourdages	8
4. RÉSULTATS ET DISCUSSION	9
4.1 Revue de littérature	9
4.2 Résidus dans le projet Ashburton	10
4.3 Résidus dans le projet Bourdages	12
5. CONCLUSION	14
BIBLIOGRAPHIE	15

LISTE DES TABLEAUX

		Page
TABLEAU I	- Résidus de 2,4-D et de 2,4-DP dans le sol du projet Ashburton après une application de 3,00 kg i.a./ha . .	11
TABLEAU II	- Résidus de 2,4-D et de 2,4-DP dans le sol du projet Bourdages après une application de 4,07 kg i.a./ha . .	13

LISTE DES FIGURES

		Page
FIGURE 1	- Situation géographique des projets	3
FIGURE 2	- Localisation des projets Ashburton et Bourdages	4

1. INTRODUCTION

Le ministère de l'Énergie et des Ressources a procédé en 1981 à l'échantillonnage de résidus de phytocides de type phénoxy dans l'environnement. Ces phytocides, le 2,4-DP (acide 2,4-dichlorophénoxypropionique) et le 2,4-D (acide 2,4-dichlorophénoxyacétique), sont utilisés pour contrôler la végétation qui nuit à la croissance des conifères en plantation ou en régénération naturelle.

Suite aux pulvérisations aériennes de ces produits, le sol fut échantillonné pour déterminer le niveau de contamination et la persistance des résidus. Les concentrations de résidus ont été mesurées dans deux projets présentant une différence de dosage.

Le ministère de l'Énergie et des Ressources, dans le cadre de son étude d'impact des pulvérisations aériennes de phytocides, avait établi le comportement théorique de ces produits. Cette étude ne fut publiée qu'en 1982. (Bélanger et coll., 1982). Le présent travail a pour but de vérifier le comportement théorique lors de traitements opérationnels et dans des conditions écologiques propres au Québec.

Des mares et des ruisseaux ont également été échantillonnés sur les projets Ashburton et Bourdages. Les résultats de cette autre étude montrèrent que les résidus dans l'eau étaient comparables à ce que l'on retrouve habituellement en milieu agricole ou forestier lors de travaux équivalents (Léveillé et Laberge,1983).

2. CARACTÉRISTIQUES DES PROJETS

2.1 Superficies traitées

Deux projets ont été échantillonnés. Ils sont situés à 70 km à l'est de la ville de Québec dans les cantons Ashburton et Bourdages (figure 1).

Projet Ashburton

Le projet est constitué de 119 ha de plantation. Il s'agit donc d'entretien de régénération artificielle. La figure 2 permet de localiser la station d'échantillonnage de sol et les différents blocs de traitement. La station fut localisée à l'intérieur du bloc nord-ouest du projet. La dose prescrite était de 3 000 g i.a./ha (ingrédients actifs à l'hectare).

Projet Bourdages

Le projet est constitué de 103 ha de plantation. La station de sol est située dans le bloc nord-ouest du projet. La figure 2 permet de localiser la station et les différents blocs de traitement. La dose prescrite était plus élevée, soit 4 070 g i.a./ha.

2.2 Produits utilisés

Le mélange utilisé est constitué de 2,4-D et de 2,4-DP (dichlorprop) sous forme d'ester isooctylique à faible volatilité. Cette formulation avait une concentration de 600 g i.a./l. La bouillie est constituée de 0,25% (volume) d'un agent épaississant de marque Nalco-Trol^{MD}, de 10,5% de produit pour la dose de 3,0 kg i.a./ha ou 14,5% pour celle de 4,07 kg i.a./ha et le volume total de 46,8 litres est complété avec de l'eau.

2.3 Périodes de traitement

Les dates effectives de pulvérisation du projet Ashburton furent les 10, 11, 14, et 15 août 1981 et la station échantillonnée fut traitée le 11 août. Le projet Bourdages a été réalisé les 14 et 15 août, la station échantillonnée fut traitée la première journée. Les périodes quotidiennes qui respectaient les conditions météorologiques de vent de moins de 8 km à l'heure, de température inférieure à 24°C et d'humidité relative supérieure à 50%, se situaient tôt le matin de 05H30 à 08H00, et le soir, de 18H00 à 20H00 environ.

2.4 Appareils utilisés

Un avion de type Piper Pawnee[MD] ayant une charge de 473 litres et un appareil Grumman Agcat[MD] d'une charge de 946 litres ont été utilisés. La pulvérisation a été réalisée par un système à rampes calibré pour produire des gouttelettes d'un diamètre moyen de 500 microns.

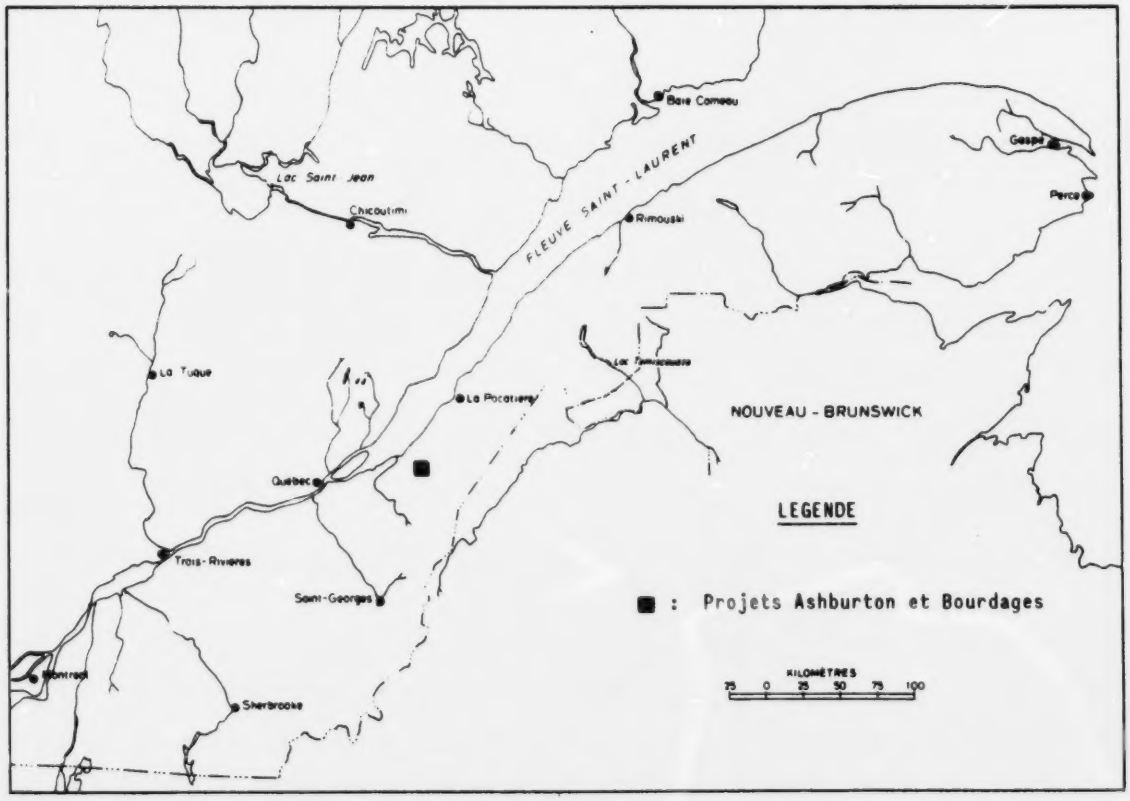


Figure 1: Situation géographique des projets

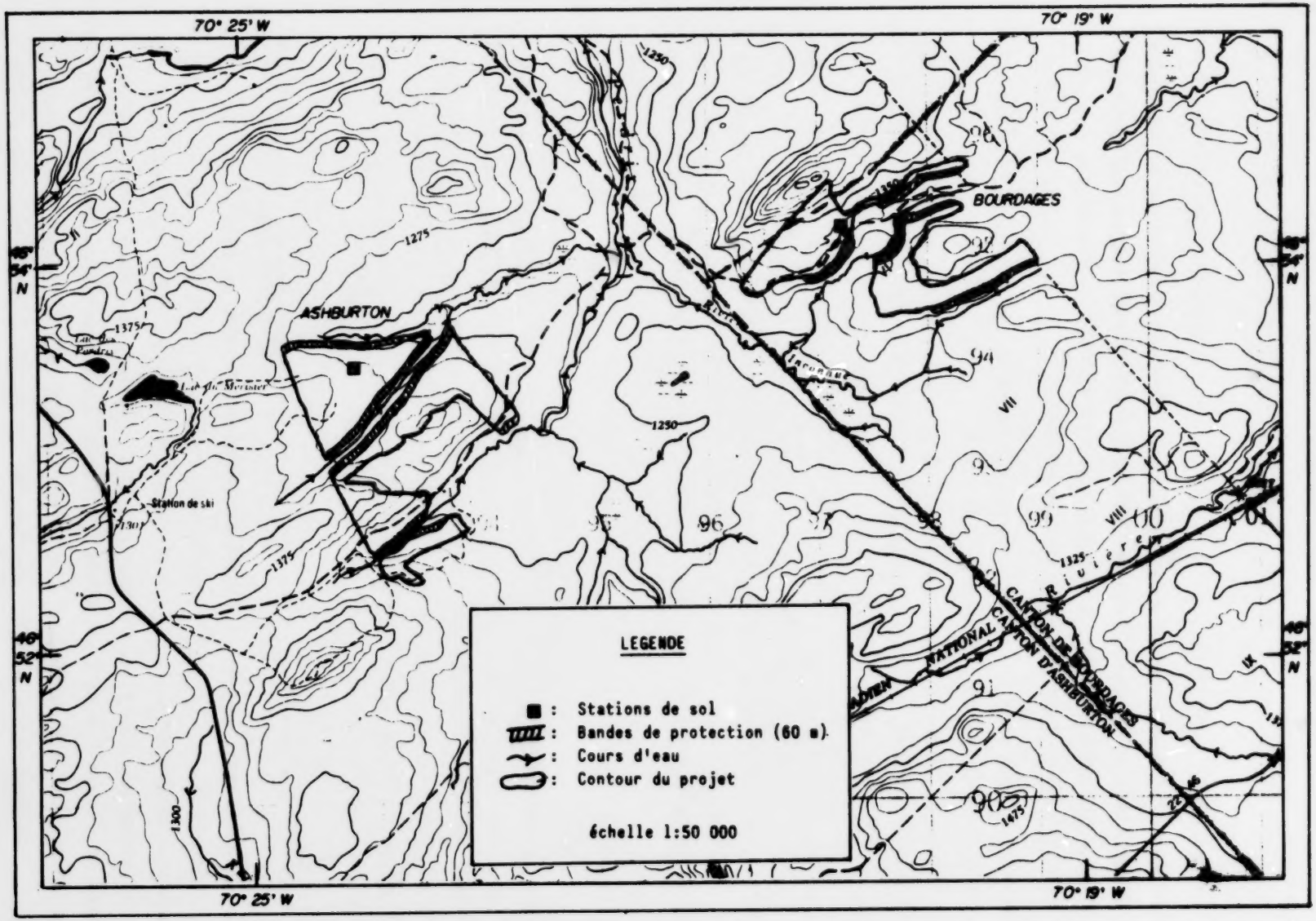


Figure 2: Localisation des projets Ashburton et Bourdages

3. MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

3.1 Description de l'échantillonnage

Le nombre d'échantillons et la période de récolte ont été déterminés en fonction du temps moyen de disparition des résidus tel que rapporté dans la littérature. Un échantillon fut récolté immédiatement après le traitement, par la suite la fréquence fut d'un échantillon par semaine pendant huit semaines. Un dernier échantillon fut recueilli douze semaines après traitement avant que la neige ne recouvre le sol. Les deux projets ont été échantillonnés de la même façon. Le même échantillon servait en laboratoire à la détermination des deux produits.

L'échantillon (composite) était constitué de cinq prélèvements où la fraction organique et la fraction minérale ne furent pas séparées car le sol avait été scarifié.

3.2 Matériel et technique de prélèvement

La technique de prélèvement ainsi que le matériel utilisé ont été déterminés en collaboration avec le Laboratoire de Québec du ministère de l'Environnement du Québec.

Matériel

- Sonde: Une sonde Oakfield J-300^{MD} en acier plaqué de chrome est utilisée pour la cueillette des échantillons. Elle est constituée d'un tube de 30 cm de long avec une ouverture sur le côté. Le diamètre de la carotte de sol est de 2 cm.
- Tige de verre: Une tige de verre de 30 cm est utilisée pour dégager le sol de la sonde. Son utilisation permet d'éviter tout contact manuel avec l'échantillon limitant ainsi les risques de contamination.
- Contenant: L'échantillon est conservé dans un papier d'aluminium et inséré dans un sac de plastique. L'utilisation de ce papier permet d'éviter le contact entre l'échantillon et la matière plastique qui pourrait interférer lors de l'analyse en laboratoire.

Technique de prélèvement

La technique nécessite une grande attention vis-à-vis les manipulations et le matériel afin d'éviter toute contamination de l'échantillon. Pour chacun des secteurs pré-identifiés, on procède de la façon suivante:

- La sonde est enfoncée jusqu'à 10 centimètres de profondeur environ.
- La litière autour de la sonde est dégagée et celle-ci est ensuite retirée en emprisonnant le sol à l'intérieur.
- A l'aide de la tige de verre, le contenu de la sonde est déposé dans un récipient dont l'intérieur a été recouvert de papier d'aluminium.
- Les cinq prélèvements sont recueillis consécutivement et mélangés.
- L'échantillon composite est alors enveloppé en repliant les rebords de la feuille d'aluminium.
- L'échantillon est ensuite identifié et placé dans un sac de plastique fermé hermétiquement.
- Sur le terrain les échantillons sont conservés au frais dans une glacière pour être ensuite congelés jusqu'à l'analyse.

Entre chaque échantillon, tous les instruments sont décontaminés de la façon suivante: il y a d'abord un brossage et un lavage à l'eau, suivi d'un rinçage à l'eau distillée et d'un autre rinçage à l'alcool éthylique.

3.3 Méthode analytique

L'analyse du 2,4-DP et du 2,4-D a été effectuée par le Laboratoire de Québec du ministère de l'Environnement du Québec. La méthode utilisée est résumée ci-dessous.

L'échantillon de sol (10 g) est acidifié puis extrait avec 50 ml d'acétone à l'aide d'un agitateur mécanique pendant 4 heures. L'extrait est ensuite concentré puis dilué dans 25 ml d'eau distillée. La solution est alcalinisée avec 30 ml d'une solution de bicarbonate de sodium puis une partition est réalisée avec trois portions de 50 ml d'éther. La phase aqueuse est acidifiée puis extraite par trois fois avec 50 ml de chloroforme. L'extrait est asséché puis concentré à environ 1 ml.

La méthylation des herbicides est effectuée par l'addition à l'extrait de sol de 2 ml d'une solution de trifluorure de bore dans le méthanol (14% V/V). Le contenu est chauffé à 60°C pendant 30 minutes. La solution est ensuite extraite par trois fois avec 2 ml d'hexane et le volume final est ajusté à 10 ml.

L'identification et le dosage des résidus sont effectués à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse équipé de deux détecteurs à capture d'électrons de source radioactive ^{63}Ni. Les conditions opératoires du chromatographe sont les suivantes:

Colonnes: en verre de 180 cm de longueur par 2 mm de diamètre intérieur, renfermant 4% OV-101 + 6% OV-210 sur Gas Chrom. Q pour identification et 3% OV-101 sur le même support pour confirmation.

Températures:

Injecteur	250°C
Four	190°C
Détecteurs	300°C

Gaz vecteur: 5% de méthane dans l'argon avec un débit de 60 ml/min.

La limite de détection est de 0,02 mg/kg de poids sec.

Cette méthode est celle reconnue par le ministère de l'Environnement du Canada (Environment Canada, 1979).

3.4 Localisation et description des stations

3.4.1 Description du sol

Les stations des projets Ashburton et Bourdages sont sur un podzol orthique de la série Saint-Onésime. On rencontre ces sols sur le versant nord des Appalaches. Il s'agit d'un loam pierreux; les 10 premiers centimètres sont constitués de 47% de sable, 32,2% de limon et 20,8% d'argile. Le pH est de 4,1. L'horizon organique L-H est constitué d'un humus fibreux, peu minéralisé, brun foncé de pH 4,0 (Marcoux, 1966).

Dans les deux projets, le sol avait été scarifié. La profondeur d'échantillonnage a varié de 2 à 10 cm avec une moyenne de 3,7 cm. Elle était limitée par la présence de roches en très grande quantité. Les échantillons composites contenaient environ 90% de matière organique et 10% de sol minéral.

3.4.2 Description de la station Ashburton

La station était localisée au centre du grand bloc nord-ouest du projet (figure 2). A quelques mètres, il y avait une mare d'eau servant de place échantillon pour le milieu aquatique (Léveillé et Laberge, 1983).

Le couvert végétal a été estimé visuellement à 40%, le sol nu à 25%, des blocs de roches à 35% et des débris de coupe à moins de 1%. La couverture végétale est constituée d'une strate arbustive basse d'environ 1 m de haut et de plantes herbacées. Les principales plantes retrouvées étaient des bleuets (Vaccinium sp.) et quelques fougères.

3.4.3 Description de la station Bourdages

Cette station se trouvait dans le bloc nord-ouest du projet. Elle était également voisine d'une mare échantillonnée lors des contrôles en milieu aquatique (Léveillé et Laberge, 1983). La végétation occupait 90% du sol, les roches 5% et les débris de la coupe forestière 5%.

Le couvert végétal était constitué d'une strate arbustive d'environ 2 m de haut qui recouvrait 90% du sol, et la strate herbacée occupait 30%. L'espèce dominante était le cerisier de Pensylvanie (Prunus pensylvanica).

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Revue de littérature

Après l'application des phytocides, plusieurs processus ont un effet sur le comportement des résidus. D'abord une certaine quantité est absorbée et retenue par la végétation et le reste tombe au sol. Le produit non absorbé pourra se volatiliser à partir de la surface du feuillage et du sol ou encore être dégradé par voie photochimique (CNRC, 1979; Bélanger et coll., 1982). Après son entrée dans le sol, l'ester est hydrolysé en acide libre. La dégradation microbienne entre alors en jeu et représente la principale voie de disparition (Kimmins, 1975). Les échantillons récoltés en milieu naturel intègrent les effets de nombreux facteurs (le type de produit, l'humidité, la texture et le pH du sol ainsi que les conditions climatiques) qui peuvent modifier les différents processus mentionnés précédemment.

De façon plus spécifique, des expériences ont été effectuées dans des conditions qui peuvent être comparées à celles de cette étude. Au Canada, le Conseil National de la Recherche du Canada (CNRC, 1979) considère que dans des conditions normales d'application, la persistance du 2,4-D serait de quelques semaines, i.e. 5 à 13 semaines, selon le taux d'application et la méthode de détection utilisée dans les différentes études (analyse chimique ou essai biologique).

Burger et coll. (1962) *in* CNRC (1979) ont observé que le 2,4-D appliqué au taux de 25 mg/kg de sol, disparaissait pratiquement (essai biologique) en 8 semaines et le 2,4,5-T (acide 2,4,5-trichlorophénoxyacétique) en moins de 15 semaines. Dans la même expérience, il restait encore des résidus de 2,4-DP après 15 semaines. Newman et coll. (1952) *in* CNRC (1979) ont observé en sol agricole que le 2,4,5-T persiste pendant plus de 19 semaines mais qu'on ne pouvait plus détecter de 2,4-D après 5 ou 6 semaines. Altom et Stritzke (1973) dans une étude comparative de plusieurs herbicides ont évalué la demi-vie du 2,4-D, du 2,4-DP et du 2,4,5-T à 4, 10 et 20 jours respectivement.

Thompson, dans un document présenté lors d'un procès en Nouvelle-Ecosse (Anonyme, 1983), a évalué la persistance du 2,4-D et du 2,4-DP dans des sols agricoles et forestiers du nord (Englehart, New Liskeard) et du sud (Elora) de l'Ontario. En 42 jours, 90% des résidus étaient disparus des sols agricoles à l'exception d'un sol nordique où le temps requis fut de 72 jours.

Au nord, dans les sols forestiers argileux et sablonneux,90% des résidus de 2,4-D et 2,4-DP disparaissaient en 22 et 30 jours respectivement. Après 40 jours, la quantité résiduelle dans ces sols forestiers (12 à 84 µg/kg) était plus élevée que dans les sols agricoles du sud (5 à 14 µg/kg). Stewart et Gaul (1977) en Nouvelle-Ecosse, ont retrouvé des concentrations de 0,01 mg/kg de 2,4-D et de 2,4,5-T après 256 jours pour des applications à des taux variant de 1,1 à 7,8 kg/ha. Plus de 90% des résidus étaient disparus après 70 jours.

Dans son rapport-synthèse sur le 2,4-D et le 2,4,5-T, Turner (1977), appuyé par la Comission Forestière de Grande-Bretagne, considère que les résidus des phénoxys persistent rarement plus que quatre à cinq mois.

4.2 Résidus dans le projet Ashburton

L'examen des résultats présentés au tableau I montre tout d'abord que la concentration de 2,4-D est de 0,81 mg/kg une heure après traitement, soit le maximum, alors que celle du 2,4-DP, bien qu'assez élevée, n'est que de 0,44 mg/kg. Le maximum pour le 2,4-DP a peut-être eu lieu quelques heures plus tard mais ce n'est que lors de l'échantillonnage suivant, après sept jours, qu'il sera confirmé. Il semble que pour le projet Ashburton, le faible pourcentage de couverture végétale (40%) ait favorisé un dépôt plus rapide du produit au sol. Bien que les concentrations ne décroissent pas de façon constante, les valeurs retrouvées pour le premier mois se situent entre 0,73 et 0,44 mg/kg pour le 2,4-DP, et entre 0,81 et 0,17 mg/kg pour le 2,4-D. A l'exception du dernier résultat qui sera analysé plus loin, les valeurs retrouvées dans le deuxième mois varient de 0,49 à 0,20 mg/kg pour le 2,4-DP et de 0,25 à 0,06 mg/kg pour le 2,4-D. Les concentrations tendent à diminuer progressivement bien que certaines soient plus élevées que celle retrouvées dans le premier mois.

L'échantillon de 58 jours après traitement est relativement élevé pour les deux produits: le 2,4-DP rejoint le maximum de 0,73 mg/kg atteint après une semaine et le 2,4-D environ la moitié de son maximum. Ces valeurs élevées pourraient être dues à une contamination au moment de la cueillette ou lors de l'analyse en laboratoire. En effet, les échantillons précédents ainsi que le dernier recueilli quatre semaines plus tard, montrent de très faibles quantités de résidus. L'hypothèse d'un apport de produit par lessivage de

la végétation est à rejeter puisque déjà ce phénomène aurait eu lieu quelques jours après traitement (Stewart et Gaul, 1977; Norris et coll., 1977). On pourrait aussi supposer que la chute du feuillage (Wan, 1975) et surtout la chute des fruits entraînent une augmentation des résidus dans le sol mais le phénomène devra être vérifié. Parmi ces trois hypothèses, la dernière semble la plus plausible.

Le dernier échantillon montre qu'après 86 jours les concentrations sont très faibles, 0,045 mg/kg pour le 2,4-DP et 0,026 mg/kg pour le 2,4-D. Ces valeurs sont près de notre limite de détection de 0,02 mg/kg et représentent 6% de la concentration maximum de 2,4-DP et 3% pour le 2,4-D. Plus de 90% des résidus des deux produits ont donc été éliminés du sol après la douzième semaine.

Un test de " t" ($P < 0,05$) a démontré que les résidus de 2,4-DP sont significativement plus élevés que ceux du 2,4-D confirmant ainsi la dégradation plus rapide de ce dernier puisque la quantité initialement appliquée était la même.

TABLEAU I: Résidus de 2,4-D et de 2,4-DP dans le sol du projet Ashburton après une application de 3,00 kg i.a./ha.

TEMPS (jours)	CONCENTRATION (mg/kg poids sec)	
	2,4-DP	2,4-D
Témoin	ND*	ND
0**	0,44	0,81
7	0,73	0,48
16	0,48	0,26
23	0,45	0,17
30	0,66	0,24
37	0,49	0,25
44	0,43	0,17
51	0,20	0,06
58	0,73	0,48
86	0,045	0,026

* : Non-détecté (< 0,02 mg/kg).
**: 1 heure après traitement.

4.3 Résidus dans le projet Bourdages

Les concentrations retrouvées une heure après traitement sont très faibles (tableau II). Après une semaine, bien que légèrement supérieures, elles n'atteignent pas encore le maximum. Ce n'est qu'au troisième échantillon, treize jours après traitement, que les résidus dans le sol sont les plus élevés: 1,96 mg/kg pour le 2,4-DP et 1,62 mg/kg pour le 2,4-D. Ce phénomène où l'on observe un délai entre la concentration la plus élevée et le traitement, avait été signalé par Stewart et Gaul (1977) et Norris (1977) qui l'expliquent par le lessivage du produit sur les feuilles. La couverture végétale plus dense du projet Bourdages aurait agi comme réservoir temporaire des produits. De plus, la dose appliquée était supérieure à celle du projet Ashburton. Deux semaines après ces maximums, les résidus ont déjà diminué de plus de la moitié.

Dans le deuxième mois après traitement, les concentrations de 2,4-DP ont varié entre 0,35 et 0,16 mg/kg et celles du 2,4-D entre 0,14 et 0,08 mg/kg. Aucune augmentation précise des résidus n'a pu être associée à la chute du feuillage. Le dernier échantillon récolté 83 jours après traitement contenait 0,062 mg/kg de 2,4-DP et 0,024 mg/kg de 2,4-D. Ces résultats représentent respectivement 3% et 1% du maximum observé pour chacun des produits.

A l'exception du premier résultat de chaque projet, les résidus de 2,4-DP sont toujours plus élevés que ceux du 2,4-D. Altom et Stritzke (1973) avaient confirmé dans une étude comparative, la dégradation plus lente du 2;4-DP. Dans le présent projet, la dégradation du 2,4-DP a été significativement ($P < 0,01$) plus lente que celle du 2,4-D. Si la tendence demeure vraie pour des concentrations faibles, alors la disparition complète des résidus de 2,4-DP dans le présent projet, aurait eu lieu avec quelques semaines de retard par rapport à celle du 2,4-D.

Comme dans le projet Ashburton, plus de 90% des résidus sont aussi disparus après douze semaines. Même si les maximums atteints ont été plus élevés que dans le projet Ashburton, ce qui peut être dû à la différence de dosage, il semble que la disparition des résidus s'est effectuée avec la même rapidité.

TABLEAU II: Résidus de 2,4-D et 2,4-DP dans le sol du projet Bourdages après une application de 4,07 kg i.a/ha.

TEMPS (jours)	CONCENTRATION (mg/kg poids sec) 2,4-DP	2,4-D
Témoin	ND*	ND
0**	0,035	0,075
7	0,20	0,13
13	1,96	1,62
20	0,65	0,35
27	0,83	0,55
34	0,16	0,12
41	0,31	0,14
48	0,25	0,098
55	0,35	0,08
83	0,062	0,024

* : Non-détecté (< 0,02 mg/kg).
**: 1 heure après traitement.

5. CONCLUSION

Des quantités de résidus inférieures à 1 mg/kg ont été retrouvées dans le projet Ashburton pour les deux produits alors que dans le projet Bourdages, les maximums furent de 1,96 et 1,62 mg/kg pour le 2,4-DP et le 2,4-D respectivement. Les concentrations maximums ont été retrouvées dans trois cas sur quatre avec un certain délai après traitement. Après un mois, plus de 50% des résidus sont disparus et plus de 90% après 12 semaines. Pour les deux premiers mois, on retrouve environ 0,5 mg/kg de produits dans le sol alors qu'après 3 mois les résidus sont inférieurs à 0,06 mg/kg. La persistance (< 0,02 mg/kg) du 2,4-D et du 2,4-DP serait légèrement supérieure à 12 semaines dans les deux projets et le 2,4-DP persisterait plus longtemps que le 2,4-D. En tenant compte des différences de conditions d'opérations, les résultats indiquent que le comportement et la persistance des deux produits sont comparables à ceux retrouvés dans d'autres études réalisées ailleurs qu'au Québec.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYME, 1983. "Defendant's expert reports; In the suprem court of Nova Scotia, trial division; between Victoria Palmer and Nova Scotia Forest Industries". Vol. 2, Dr. G.R. Stephenson, Dr. C.E. Tholken and Dr. G. baskerville. Pagination non standard.

ALTOM, J.D. et J.F. STRITZKE, 1973. " Degradation of dicamba, picloram, and four phenoxy herbicides in soils. Weed Science, Vol. 21, N°. 6, pp. 556-560.

BÉLANGER, P., L. LABERGE, R. LAMARRE et P. LÉVEILLÉ, 1982. " Etude d'impact sur l'environnement des pulvérisations aériennes de phytocides en milieu forestier". Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service pépinières et reboisement, 486 p.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, 1979. " Herbicides phénoxys - Analyse de leurs effets sur l'état de l'environnement accompagnée de critères scientifiques à l'égard de la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD)". Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, CNRC N° 16076, Ottawa, Canada, 452 p.

ENVIRONMENT CANADA, 1979. " Analytical Methods Manual". Inland Water Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada.

KIMMINS, J.P., 1975. " Review of the ecological effects of herbicide usage in forestry". Fisheries and Environment Canada, Can. Pacific Forest Research Center, information report BC-X-139, 44 p.

LÉVEILLÉ, P. et L. LABERGE, 1983. " Résidus de 2,4-D et 2,4-DP en milieu aquatique lors d'entretien de plantation par voie aérienne (1981)". Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service pépinières et reboisement, publication N° 3301, 48 p.

MARCOUX, R., 1966. " Etude pédologique des comtés de Bellechasse et de Montmagny". Gouvernement du Québec, ministère de l'Agriculture et de la Colonisation, Division des sols, 72 p.

NORRIS, L.A., M.L. MONTGOMERY and E.R. JOHNSON, 1977. " Persistence of 2,4,5-T in a Pacific Northwest Forest". Weed Science, Vol. 25, N° 5, pp. 417-422.

STEWART, D.K.R. and S.O. GAUL, 1977. " Persistence of 2,4-D, 2,4,5-T and dicamba in a dikeland soil". Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 18, N° 2, pp. 210-218.

TURNER, D.J., 1977. " The safety of the herbicides 2,4-D and 2,4,5-T". Agricultural Research Council, Weed Research Organization, Forestry Commission, England, Bulletin N° 57, 56 p.

WAN, M.T.K., 1975. " Impacts of chlorophenoxy herbicides on a coastal forest environment of British Columbia". Environment Canada, Environmental Protection Service, Pollution Abatement Branch, Pacific region, report N° EPS-5-PR-75-3, 35 p.